

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:06:06  
Уникальный идентификатор документа: ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
И.Г. Игнатова  
«28» 12 2020 г.  
М.П.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Техника СВЧ»

Направление подготовки - 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы  
связи»

Направленность (профиль) – «Информационные сети и телекоммуникации»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции ОП	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.ТСВЧ Способен вырабатывать стратегию действий при возникновении проблемных ситуаций	<p><b>Знать:</b> методы и процедуры направленные на выход из проблемных ситуаций</p> <p><b>Умеет:</b> вырабатывать последовательность действий для выхода из проблемной ситуации</p> <p><b>Опыт</b> анализа эффективности методов и процедур направленных на выход из проблемной ситуации</p>

**Компетенция ПК-2** «Способен самостоятельно выполнять экспериментальные исследования для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования» **сформулирована на основе профессионального стандарта 06.018 «Инженер связи (телекоммуникаций)»**

**Обобщенная трудовая функция:** С Организация эксплуатации оборудования связи (телекоммуникаций)

**Трудовая функция С/01.7** Организация проведения измерений и проверки качества работы оборудования, проведения ремонтно-профилактических и ремонтно-восстановительных работ

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2. ТСВЧ Способен самостоятельно выполнять исследования для решения научно-исследовательских задач в области СВЧ	разработка физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере; разработка методики и организация проведения экспериментов и испытаний, анализ их результатов; подготовка	<p><b>Знать:</b> особенности построения и анализа техники СВЧ, методы моделирования и параметры СВЧ элементов и устройств телекоммуникационных систем</p> <p><b>Умение:</b> проводить исследование отдельных элементов и устройств СВЧ</p> <p><b>Опыт</b> анализа влияния</p>

	научнотехнических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований;	параметров СВЧ элементов и устройств на характеристики системы связи
--	-----------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы (является элективной).

Входные требования к дисциплине – обучающийся должен быть способен применять физические законы и математические методы для решения теоретических и прикладных задач в области инфокоммуникаций, способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения в области администрирования инфокоммуникационных систем, способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
2	3	4	144	-	32	32	80	ЗаО

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Электромагнитные	-	4	16	24	Защита лабораторных работ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
колебания СВЧ диапазона					Сдача практическим работ Защита индивидуальных расчётных и проектных работ.
2. Описание и анализ СВЧ процессов	-	8	8	24	Защита лабораторных работ Сдача практическим работ Защита индивидуальных расчётных и проектных работ.
3. Элементы техники СВЧ	-	20	8	32	Защита лабораторных работ Сдача практическим работ Защита индивидуальных расчётных и проектных работ.

#### 4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Введение. Область и техника СВЧ. Оптический, электротехнический и СВЧ подходы к описанию поведения сигналов.
	2	2	Анализ СВЧ и электротехнического подходов для современных

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
			ИМС.
	3	2	Типы коммуникационных трактов, их особенности и недостатки. Характеристики коммуникационных трактов. Волновое сопротивление.
	4	2	Непредельные волноводы.
	5	2	Предельные волноводы, конструкции и характеристики. Принципы распространения сигналов в предельных волноводах. Нормальные и сложные моды. Фазовая и групповая скорости.
	6	2	Фидеры. Ввод, снятие и измерение сигналов. Изгибы и неоднородности в волноводах.
	7	2	Полосковые и микрополосковые линии. Симметричная, несимметричная, копланарная и щелевая линии.
	8	2	СВЧ резонаторы. Антенны.
2	9	2	Расчет СВЧ элементов. Согласованный волновод. Разомкнутый волновод. Короткозамкнутый волновод.
	10	2	Волновод как четырехполюсник. Метод отражений.
	11	2	Анализ коммуникационных трактов. Целостность сигнала. Формирование сигналов, используя волновод.
	12	2	Волны мощности и S-параметры. Круговые диаграммы и годографы. Согласование импедансов.
3	13	2	Приборы СВЧ. Полупроводниковые СВЧ приборы: достоинства, недостатки, технологии, параметры, принцип действия и области применения.
	14	2	Пассивные СВЧ приборы: технологии, материалы, достоинства и недостатки.
	15	2	Топология СВЧ элементов: аттенюаторы, делители, ответвители, резонаторы, фильтры, антенны, интегральные СВЧ схемы, транзисторы и пассивные элементы, усилители, смесители, трансформаторы.
	16	2	Порядок использования технологических особенностей при проектировании СВЧ интегральных схем. Технологические ограничения и способы борьбы с ними. Распределенный активный трансформатор и генератор. Защита индивидуальных проектов. Заключение.

### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Анализ условий формирования и передачи сигналов в СВЧ коммуникационных трактах
2	2	4	Согласование радиочастотных схемы и волноводов
	3	4	Согласование радиочастотных схемы и схем смешанного сигнала
3	4	8	Разработка и исследование характеристик радиочастотных дискретных схем: МШУ, Смеситель, усилитель мощности, фильтр, генератор для мобильных телекоммуникационных систем
	5	4	Анализ характеристик мобильных телекоммуникационных систем в зависимости от параметров, применяющихся в них радиочастотных схем и схем смешанного сигнала
	6	8	1. Разработка и исследование характеристик радиочастотных интегральных схем: МШУ, Смеситель, усилитель мощности, фильтр, генератор для мобильных телекоммуникационных систем (по выбору) 2. Изготовление и исследование радиочастотных дискретных схем в составе мобильных телекоммуникационных систем (по выбору)

### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	4	Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы
	8	Изучение теоретического материала к практическим занятиям 2, 4, 6, 8
	4	Решение задач и подготовка к практическим занятиям
	8	Выполнение расчетной части индивидуального проекта
2	8	Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ
	4	Изучение теоретического материала к практическим занятиям 10 и 12
	2	Решение задач и подготовка к практическим занятиям
	10	Выполнение проектной части индивидуального проекта
3	8	Подготовка к лабораторным работам
	4	Изучение теоретического материала к практическим занятиям 14 и 16
	2	Решение задач и подготовка к практическим занятиям

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
	14	Выполнение исследовательской части индивидуального проекта
	4	Подготовка к защите проекта

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

#### **Модуль 1** «Электромагнитные колебания СВЧ диапазона»

- ✓ Методические материалы и разработки для лабораторных работ <http://orioks.miet.ru/>
- ✓ <http://www.youtube.com/watch?v=2P2HjgBLfKQ> (RF & Microwave Measurements - Tutorial)
- ✓ Introduction to Microwaves ([http://media.johnwiley.com.au/product\\_data/excerpt/24/04708227/0470822724-1.pdf](http://media.johnwiley.com.au/product_data/excerpt/24/04708227/0470822724-1.pdf))

#### **Модуль 2** «Описание и анализ СВЧ процессов»

- ✓ Методические материалы и разработки для лабораторных работ <http://orioks.miet.ru/>
- ✓ Материалы группы Electromagnetic Fields and Photonics Group (<http://nora.ing.unibs.it/riservato/microonde/>)

#### **Модуль 3** «Элементы техники СВЧ»

- ✓ Методические материалы и разработки для лабораторных работ <http://orioks.miet.ru/>
- ✓ Microwave FET Tutorial (<http://www.microwaves101.com/encyclopedias/microwave-fet-tutorial>)

### 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Литература

1. Тимошенко В.П. Элементная база высокоскоростных ИМС : Учеб. пособие / В.П. Тимошенко, В.И. Суэтинов; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2019. - 92 с.
2. Лялин К.С. Электродинамика СВЧ : Учеб. пособие : [В 2-х ч.]. Ч. 2 / К.С. Лялин, В.И. Орешкин, В.К. Цветков; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2019. - 52 с.
3. Травин Г.А. Радиоприемные устройства систем радиосвязи и радиодоступа : Учеб. пособие / Г.А. Травин, Д.С. Травин. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2019. - 52 с.

4. Сомов А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны : Учеб. пособие / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. - М. : Горячая линия-Телеком, 2012. - 440 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5201> (дата обращения: 22.12.2020). - ISBN 978-5-9912-0255-8.

### **Нормативная литература**

1. ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила выполнения электрических схем
2. ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды и комплектность конструкторских документов

### **Периодические издания**

1. ВОПРОСЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ : научный журнал / ЦНИИ Электроника. - Москва : ЦНИИ Электроника, 1959 - . - Выходит в сериях: Общетехническая (ОТ); Радиолокационная техника (РЛТ); Системы и средства отображения информации и управления спецтехникой (СОИУ); Электронно-вычислительная техника (ЭВТ); URL: <https://vre.instel.ru/jour> (дата обращения: 22.12.2020). - Режим доступа: свободный. - ISSN 2218-5453 (Print); 2686-7680 (Online)
2. Журнал Известия вузов. Электроника
3. Журналы IEEE
4. Журнал ЭЛЕКТРОНИКА: НАУКА. ТЕХНОЛОГИЯ. БИЗНЕС

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. Сайт ВНИИФТРИ — государственный научный центр РФ: сайт. — URL:<http://www.vniiftri.ru>(дата обращения: 22.12.2020)
2. Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus»: сайт. — URL: <https://www.scopus.com/> (дата обращения: 22.12.2020)
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: сайт. — URL: <http://elibrary.ru> (дата обращения: 22.12.2020)
4. Электронно-библиотечная система Лань: сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 22.12.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
5. ibooks.ru : Электронно-библиотечная система = ЭБС Айбукс : сайт. - Санкт-Петербург, 2010 - . - URL: <https://ibooks.ru/home.php?routine=news> (дата обращения: 22.12.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
6. Сайт международного союза электросвязи: сайт. URL: [www.itu.int](http://www.itu.int) (дата обращения: 22.12.2020). - Режим доступа: свободный
7. Международный союз электросвязи: сайт. — URL: <https://www.itu.int/ru/Pages/default.aspx> (дата обращения: 22.12.2020)
8. Microwave and RF: сайт: - URL: <https://www.mwrf.com/> (дата обращения: 22.12.2020)

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение**, основанное на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части

традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Применяются следующие **модели обучения**: гибкая модель, построенная по технологии проектного обучения.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: разделы ОРИОКС: «Новости», «Домашние задания», «Обратная связь» и «Учебное портфолио», электронная почта, социальные сети.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах видеолекций, внутренних онлайн-курсов (в среде Moodle), тестирования в ОРИОКС и MOODLe.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в формах: выравнивающего курса по электричеству и магнетизму <https://mipt.lectoriy.ru/course/Physics-Electricity-07L> и <https://mipt.lectoriy.ru/course/Physics-Electricity-14S>, Материалы открытого курса «Microwave Theory and Design» <http://opencourses.emu.edu.tr/course/view.php?id=26>, .

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедиа-проектор Epson EMP-TW520 - 1 шт. Электронная печатная доска Panasonic UB-5815 - 1 шт. Телевизор LG65UM7300PLB - 2 шт. Моноблок#2 Dell OptiPlex 7470 15 - 30 шт.	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше или Linux, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC Cadence AWR, Advanced design systems, Comsol
Компьютерный класс	Мультимедиа-проектор Epson EMP-TW520 - 1 шт. Электронная печатная доска Panasonic UB-5815 - 1 шт. Телевизор LG65UM7300PLB - 2 шт. Моноблок#2 Dell OptiPlex	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше или Linux, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
	7470 15 - 30 шт.	(Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC Cadence AWR, Advanced design systems, Comsol
Помещение для самостоятельной работы	Мультимедиа-проектор Epson EMP-TW520 - 1 шт. Электронная печатная доска Panasonic UB-5815 - 1 шт. Телевизор LG65UM7300PLB - 2 шт. Моноблок#2 Dell OptiPlex 7470 15 - 30 шт.	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше или Linux, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC Cadence AWR, Advanced design systems, Comsol

## **10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ**

1. ФОС по подкомпетенции **УК-1.ТСВЧ** «Способен вырабатывать стратегию действий при возникновении проблемных ситуаций».
2. ФОС по подкомпетенции **ПК-2. ТСВЧ** «Способен самостоятельно выполнять исследования для решения научно-исследовательских задач в области СВЧ»

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1. Особенности организации процесса обучения**

В дисциплине используется технология проектного обучения. Метод проектов – это система обучения, при которой обучающиеся приобретают знания и умения в процессе планирования и выполнения постепенно усложняющихся практических заданий-проектов. Это комплексный обучающий метод, который позволяет индивидуализировать учебный процесс, дает возможность обучающемуся проявить самостоятельность в планировании, организации и контроле своей деятельности и творчество при выполнении учебных заданий. Целью проектной технологии является самостоятельное «постижение» обучающимися различных проблем, имеющих профессиональный смысл для обучающихся.

Для работы над проектом обучающимся выдаётся задание, которое подразумевает частично самостоятельное (под руководством преподавателя) формирование целей и задач будущей проектной деятельности. При выполнении задания студентами должно быть разработано устройство в виде СВЧ элемента системы связи. Рекомендуется основываться на существующих системах связи, оборудовании и технологиях, перспектива применения которых в стандартах следующего поколения оправданы экспертным сообществом (например, международным союзом электросвязи), кроме того, следует руководствоваться доступностью технологических и программно-аппаратных средств, а так же политики России по производству электроники, электронных изделий и телекоммуникационных устройств. Приоритетом для выбора проекта должны быть: обеспечение импортозамещения, импортнезависимости, доверенности и создание элементной базы для критически важной инфраструктуры.

Проект выполняется индивидуально или малыми группами по 2-3 человека. Для подготовки к выполнению задания в целом и его отдельных частей, студентам рекомендуется пользоваться материалами, изложенными в п. 6 РПД.

Все студенты должны пройти через одинаковые этапы проектирования. Преподаватель озвучивает необходимость выполнения индивидуального проекта на первом практическом занятии, студенты составляют и согласуют с преподавателем график выполнения индивидуального проекта. Во время практических занятий (не более 8 часов) преподаватель консультирует студентов по выполняемому проекту. Разработка элементов проекта проводится студентами самостоятельно, отдельные части могут проектироваться на лабораторных занятиях, при этом преподаватель обеспечивает методическим материалом, технологическими библиотеками и др. для выполнения задания в соответствии с разработанной и одобренной преподавателем схемой, при представлении её не позднее 8 недели обучения. Студенты вправе использовать собственные технологические библиотеки. Приём выполнения проекта осуществляется на последнем практическом занятии. Защита проекта проводится в смешанном типе: сначала студенты представляют результаты выполнения задания, как индивидуальную часть общего проекта, затем один или несколько участников группы представляют результаты работы всей группы.

## **11.2. Система контроля и оценивания**

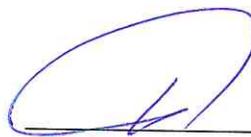
Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре: лабораторные работы (в сумме от 0 до 40 баллов), активность и индивидуальные задания в семестре (в сумме от 0 до 30 баллов) и сдача зачёта (от 0 до 30 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

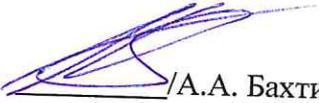
**РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент кафедры ТКС, к.т.н.



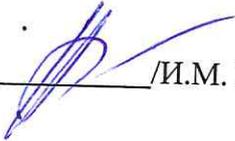
/А.Г. Тимошенко/

Рабочая программа дисциплины «Техника СВЧ» по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», направленности (профилю) «Информационные сети и телекоммуникации» разработана на кафедре ТКС и утверждена на заседании Ученого совета кафедры 25.12 2020 года, протокол № 6

Заведующий кафедрой ТКС  /А.А. Бахтин/

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК  /И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки  /Т.П. Филиппова/